

Handwritten signature/initials

TRANSMITTAL FORM (to be used for all correspondence after initial filing)		Application Number	10/817,432
		Filing Date	04-05-2004
		First Named Inventor	Michael HERMANN
		Group Art Unit	2859
		Examiner Name	Amy R. Cohen
Total Number of Pages in This Submission	17	Attorney Docket Number	741124-101

ENCLOSURES (check all that apply)		
<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form <input type="checkbox"/> Fee Attached <input type="checkbox"/> Amendment / Reply <input type="checkbox"/> After Final <input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s) <input type="checkbox"/> Extension of Time Request <input type="checkbox"/> Express Abandonment Request <input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement <input checked="" type="checkbox"/> Claim for Priority Under 35 U.S.C. § 119 Submission of Certified Copy of Priority Document German Appln No. 103 07 088.5 <input type="checkbox"/> Response to Missing Parts/ Incomplete Application <input type="checkbox"/> Response to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53	<input type="checkbox"/> Assignment Papers (for an Application) <input type="checkbox"/> Drawing(s) <input type="checkbox"/> Declaration and Power of Attorney <input type="checkbox"/> Licensing-related Papers <input type="checkbox"/> Petition <input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application <input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation Change of Correspondence Address <input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer <input type="checkbox"/> Request for Refund <input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____	<input type="checkbox"/> After Allowance Communication to Group <input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences <input type="checkbox"/> Appeal Communication to Group (Appeal Notice, Brief, Reply Brief) <input type="checkbox"/> Proprietary Information <input type="checkbox"/> Status Letter <input type="checkbox"/> Application Data Sheet <input type="checkbox"/> Request for Corrected Filing Receipt with Enclosures <input type="checkbox"/> A self-addressed prepaid postcard for acknowledging receipt <input type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below):
Remarks		<input checked="" type="checkbox"/> The Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees required or credit any overpayments to Deposit Account No. 19-2380 for the above identified docket number.

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT	
Firm or Individual name	David S. Safran, Reg. No. 27,997 Nixon Peabody LLP 401 9 th Street, N.W. Suite 900 Washington, D.C. 20004-2128
Signature	<i>[Handwritten Signature]</i>
Date	May 11, 2005

CERTIFICATE OF MAILING OR TRANSMISSION [37 CFR 1.8(a)]	
I hereby certify that this correspondence is being:	
<input checked="" type="checkbox"/> deposited with the United States Postal Service on the date shown below with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Mail Stop _____, Commissioner for Patents, P. O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450	
<input type="checkbox"/> transmitted by facsimile on the date shown below to the United States Patent and Trademark Office at (703) _____	
May 11, 2005 Date	<i>Kathleen M. McManus</i> Signature Kathleen M. McManus Typed or printed name



Docket No. 741124-101

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE PATENT APPLICATION OF

Michael HERMANN

Application No. 10/817,432

Filed: 04-05-2004

For: MEASUREMENT DEVICE AND
METHOD FOR DETERMINING THE
THREE-DIMENSIONAL ORIENTATION
OF A BODY RELATIVE TO TWO
HORIZONTAL REFERENCE
DIRECTIONS

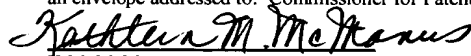
Examiner: Amy R. Cohen

Group Art Unit: 2859

Confirmation No. 1286

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as First Class Mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231, on May 11, 2005.


K.M. McManus

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119
SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

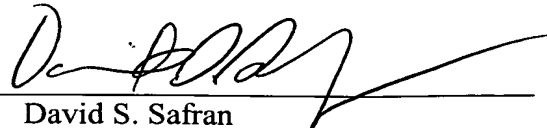
The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO.</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
GERMANY	103 07 088.5	FEBRUARY 19, 2003

In support of this claim, enclosed is a certified copy of said prior foreign application. Acknowledgment of receipt of this certified copy is requested.

Respectfully submitted,

By:


David S. Safran
Registration No. 27,997

Customer No. 22204
NIXON PEABODY LLP
401 9th Street, N.W., Suite 900
Washington D.C. 20004-2128
Telephone: (703) 827-8094



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 07 088.5

Anmeldetag: 19. Februar 2003

Anmelder/Inhaber: Prüftechnik Dieter Busch AG, 85737 Ismaning/DE

Bezeichnung: Messgerät zur Bestimmung der räumlichen Orientierung eines Körpers relativ zu zwei horizontalen Bezugsrichtungen

IPC: G 01 C, G 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 03. Dezember 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Messgerät zur Bestimmung der räumlichen Orientierung eines Körpers relativ zu zwei horizontalen Bezugsrichtungen

Die Erfindung betrifft ein Meßgerät zur hochgenauen Bestimmung der räumlichen Orientierung eines Körpers relativ zu zwei horizontalen Bezugsrichtungen, so daß die Bestimmung sowohl eines Nickwinkels (englisch: pitch) als auch eines Rollwinkels (englisch: roll) in verbesserter und sehr genauer Weise durchgeführt werden kann. Dabei sollte der Körper zur Ausführung der Messung raumfest gelagert und unbewegt sein, zumindest darf während der Ausführung der Messung auf den Körper lediglich die Erdbeschleunigung auf diesen wirken. Weiterhin betrifft die Erfindung ein oder mehrere Verfahren zur Bereitstellung eines Gesamt-Meßergebnisses aus Einzel-Meßergebnissen, welche von Subsystemen bereitgestellt werden. Außerdem betrifft die Erfindung die Verwendung des Meßgerätes zum Bestimmen zweier Komponenten der räumlichen Orientierung von Maschinen oder Maschinenelementen wie z.B. Rollen oder Walzen, sowie zur Bereitstellung von Korrektur-Informationen, um dejustierte Maschinen oder Maschinenelemente in eine ausgerichtete Lage zu bringen.

Zum Zwecke der Bestimmung der räumlichen Orientierung eines Körpers relativ zu einer Bezugsrichtung, und absolut innerhalb eines Inertialsystems, ist es seit einiger Zeit bekannt, genaue Kreiselssysteme zu verwenden. Neben mechanischen Kreisel, deren Präzision durch mechanische Randbedingungen limitiert wird, sind seit kurzer Zeit Kreisel auf optischer Basis, insbesondere in der Ausführungsform mit einem sog. Ringlaser, als hochgenaue Richtungs- und Orientierungs-Meßgeräte auf dem Markt. Eine solche Einrichtung ist aus der Patentschrift US 6195615 bekannt. Leider sind die Kosten für besonders genaue Instrumente dieser Art von erheblichem Umfang, so daß es von signifikantem Interesse ist, die Kosten/Nutzen-Relation solcher Meßgeräte deutlich zu verbessern.

Auch in der DE 195 46 405 wird ein hochgenaues Kreiselssystem auf optischer Basis beschrieben, welches zum gegenseitigen Ausrichten von Körpern, insbesondere für Wellen, Walzen u. dgl. vorgesehen ist.

Symmetrielinien eines regulären Oktaeders oder Ikosaeders usw. montiert sind. Hierdurch wird es möglich, ein Gerät mit verbesserter Meßgenauigkeit bereitzustellen, da einerseits mit statistischen Methoden gearbeitet werden kann (was bei nur drei Einzelkreisen praktisch nicht möglich ist) und darüberhinaus auch eine gegenseitige Überprüfung der Einzelkreise durchgeführt werden kann.

Die genannte Aufgabenstellung ist der in der vorliegenden Anmeldeschrift dargestellten Erfindung zugrundegelegt. Die Erfindung löst das anstehende Problem dadurch, daß eine redundante Auslegung eines mit Inklinometern ausgestatteten zweidimensional sensierenden inertialen Richtungsmeßsystems dessen funktionale Eigenschaften sowohl hinsichtlich Betriebssicherheit, und insbesondere auch hinsichtlich Genauigkeit verbessert. Gleichzeitig werden bei Verwendung weniger genauer und kostengünstiger einzelner Systeme die Gestehungskosten des Gesamtsystems gesenkt. Mit anderen Worten: Die Erfindung sieht vor, anstelle eines Inclinometersystems bestehend aus zwei orthogonal zueinander ausgerichteten Einzel-Inclinometern nunmehr ein solches System vorzusehen, welches aus mindestens drei oder aber weiteren Inclinometern besteht, z.B. aus acht symmetrisch um eine Achse oder um ein Zentrum angeordneten Einzelinclinometern. Unabhängig von den Kosten der Einzelsysteme können in jedem Fall verbesserte Genauigkeiten bereitgestellt werden, da es teilweise möglich ist, Temperatureffekte durch Differenzbildung usw. zu kompensieren.

Außerdem wird durch die gemäß der Erfindung vorgesehene innovative, d.h. nunmehr dreidimensionale, also nicht koplanare Anordnung der Einzelsensoren, im Gegensatz zu den vorher bekannten zweidimensionalen Anordnungen, bessere Berechnungsgrundlagen zur Bereitstellung eines Meßergebnisses geschaffen, so daß auch aus diesem Grunde ein besser funktionierendes Inclinometer-Gesamtsystem bereitgestellt werden kann. Dies ist ein besonders wichtiger Aspekt der vorliegenden Erfindung. Beispielsweise werden gemäß der Erfindung typischerweise alle verwendbaren, also nicht koplanaren Kombinationen von 3 aus 8 einzelner Inclinometer zur Bildung einzelner individueller Inclinometer-Triaden herangezogen, um eine Mehrzahl von unabhängigen Richtungsmessungen mit derartig gebildeten Inclinometer-Triaden ausführen zu können. Da bei dem genannten Beispiel von 3 aus 8 Inclinometern also insgesamt 56 einzeln auswertbare Meß-Systeme zur Erkennung

einer winkelmässigen Orientierung nach zwei Koordinaten im Raum darstellbar sind, kann die Genauigkeit eines insgesamt bereitzustellenden Meßergebnisses hinsichtlich Drift und weiterer Fehler durch Mittelwertbildung und weitere statistische Betrachtungen signifikant verbessert werden. Gleichzeitig können sich die genannten Meßsysteme, bestehend aus nunmehr je drei einzelnen Inclinometern, gegenseitig überprüfen, so daß Einzel-Inclinometer mit verschlechterten Meß-Eigenschaften gemäß der Erfindung bereits während des regulären Betriebes identifiziert und gegebenenfalls stillgelegt werden können. Wie erwähnt, liegt gleichzeitig eine gewisse Redundanz vor, so daß ein Meßsystem der vorgeschlagenen Art, mit beispielweise mindestens 4 Einzelinclinometern, bei Ausfall eines einzelnen Inclinometers trotzdem weiterhin benutzbar ist, wenn auch bei reduzierter Genauigkeit. Gemäß der Erfindung wird also ein Meßgerät zur Bestimmung der räumlichen Orientierung eines Körpers relativ zu zwei in einer Horizontalebene liegenden Bezugsrichtungen geschaffen, welches ein Gehäuse zum Anlegen an eine Oberfläche eines zu vermessenden Körpers aufweist, welches mit einer Mehrzahl von einzelnen Inclinometern zur Ermittlung eines anteiligen Wertes der Erdbeschleunigung bezüglich jeweiliger, den einzelnen Inclinometern zugeordneten Symmetrieachsen versehen ist, und welches sich dadurch auszeichnet, daß mindestens drei, bevorzugt weitere bis sehr viele, Einzelinclinometer innerhalb des Gehäuses vorhanden sind, die nicht-koplanar in jeweils unterschiedliche Raumrichtungen orientiert oder ausgerichtet sind, und wobei alle Kombinationen aus jeweils drei zu einer sog. Inclinometertriade zusammenfaßbarer Einzelinclinometer ein jeweils erstes Meßergebnis liefern, welches die räumliche winkelmäßige Orientierung des Meßgerätes oder eines mit diesem kontaktierten Körpers nach den beiden räumlichen Koordinaten "Roll" und "Pitch" ausweist. Diese erfindungsgemäße Anordnung wird so benutzt, daß zunächst eine Vielzahl an ersten Meßergebnissen bereitgestellt wird, und sodann aus der Vielzahl der ersten Meßergebnisse zusätzlich ein Gesamt-Meßergebnis ermittelt wird, welches (im Vergleich zu den einzelnen ersten Meßergebnissen) eine signifikant genauere winkelmäßige Orientierung des Meßgerätes oder eines mit diesem kontaktierten Körpers ausweist. Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung kann aus der Vielzahl der ersten Meßergebnisse unter Verwendung eines geeigneten mathematischen Algorithmus wie z.B. Singulärmatrixzerlegung auch sofort ein signifikant genaueres Meßergebnis bereitgestellt werden.

Die Anzahl von acht Inclinometer-Einzelsystemen innerhalb eines Gesamtsystems gemäß der Erfindung ist nicht zwingend. Es können auch z.B. vier, fünf, sechs usw. Inclinometer oder eine wesentlich größere Anzahl verwendet werden, zum Beispiel 150 bis 400 miniaturisierte Elemente dieser Art. Die gewählte Zahl der Einzel-Inclinometer sollte jedoch zu einem Kompromiß hinsichtlich apparativem Aufwand und erzielbarer Genauigkeitssteigerung führen. Ein solcher Kompromiß hängt ersichtlich auch davon ab, welcher Kostenanteil für eine erforderliche zusätzliche Recheneinheit zu veranschlagen ist. Für die sehr klein konstruierten und sehr preiswerten Inclinometer (im Kostenbereich von ca. EUR 5.-- pro Exemplar) erscheint es gemäß der Erfindung vorteilhaft, ca. 150 einzelne Inclinometer zu einem Gesamtsystem zusammenzufassen. Aus Gründen einer erleichterten Datenverarbeitung sollen die einzelnen Inclinometer vorzugsweise ein pulscodemoduliertes Ausgangssignal bereitstellen. Auf diese Weise kann die Verwendung einer Mehrzahl von herkömmlichen Analog-Digitalwandlern vermieden werden; und zwar unter Verwendung digitaler sogenannter Timer/Counter-Bauelemente

Gemäß der Erfindung ist es wie erwähnt möglich, die vorgesehenen Einzelsysteme symmetrisch um eine einzelne Vorzugsachse zu gruppieren. Es ist ebenfalls möglich, die Orientierung der Einzelsysteme nach Symmetrierichtungen eines regulären Polyeders, oder aber annähernd statistisch über den Raumwinkel ($4 \cdot \pi$) zu verteilen. Es sollte aber gewährleistet sein, daß die einzelnen Orientierungen hinsichtlich eines gerätefesten Koordinatensystemes genügend genau einstellbar bzw. meßbar sind. Weiterhin ist es wie bereits erwähnt wichtig, daß die jeweils drei Einzelinclinometern zugeordneten Richtungs-Vektoren nicht räumlich koplanar liegen. Gemäß der Erfindung werden die Meßwerte, die von den Einzelinclinometern typischerweise in einem schiefwinkligen dreidimensionalen Koordinatensystem ermittelt werden, auf ein rechtwinkliges kartesisches Koordinatensystem umgerechnet. Auf diese Weise können ausgegebene Meßwerte z.B. in zwei der drei Eulerschen Winkel (nämlich Stampf- und Rollwinkel bzw. Pitch und Roll) bezüglich eines solchen rechtwinkligen Koordinatensystems ausgedrückt werden. Eine Bereitstellung eines Meßwertes für den Gierwinkel (Yaw) ist ersichtlich nicht möglich. - Die genannte Umrechnung wird, genauso wie die statistischen Berechnungen, durch den in einem

umschließenden Gehäuse des Meßgerätes vorgesehenen Computer vorgenommen. Zur Einsparung von Versorgungsleistung kann dessen Taktfrequenz reduziert werden, sobald ersichtlich ist, daß keine aktuelle Messung auszuführen ist. Dies kann z.B. dadurch begründet sein, daß eine sensierte räumliche Lage des erfindungsgemäßen Gerätes sich nicht verändert und als stabil angenommen werden kann.

Diese und weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigt:



Fig. 1 eine axial-symmetrische Anordnung von 7 Einzelinclinometern relativ zu einem x-y-z - Koordinatensystem

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Systemkonfiguration mit 7 Einzelinclinometern



Wie aus Fig. 1 ersichtlich, werden definierte Richtungen im Raum bezüglich eines gerätefest vorgegebenen x-y-z- Koordinatensystems durch eine Pyramide definiert. Deren Seitenflächen 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7 besitzen Grundkanten 21, 22, 23, 24, 25, 26 und 27, welche die Grundfläche der Pyramide begrenzen. Die einzelnen Seitenflächen unterscheiden sich also eindeutig in ihren Richtungs-Cosinus-Werten. Wird auf eine einzelne Seitenfläche (Bezugsziffer 1 bis 7) jeweils ein einzelnes, z.B. mikromechanisches oder thermodynamisch funktionierendes Inclinometer angebracht (Bezugsziffern 11, 12, 13, 14, 17; die restlichen vier Einzelinclinometer sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeigt), so daß jeweils ein seine systembedingte Wirkungsrichtung definierender Vektor, speziell ein Normalen-Vektor, parallel zur betreffenden Seitenfläche der Pyramide liegt, können die Richtungs-Cosinus-Werte oder andere verwendbare Richtungs-Kennwerte der einzelnen Inclinometer relativ zum gezeigten x-y-z-Koordinatensystem genau angegeben werden. Durch je drei beliebig gewählte Inclinometer (Triaden) kann somit auch eine Dreh- oder Kipp-Bewegung des gerätefesten Koordinatensystems nach zwei Achsen des Raumes

ausgemessen und nach Umrechnung als Pitch- und Rollwerte dargestellt werden. Allerdings ist die zu erwartende Genauigkeit der einzelnen Triaden aus Fig. 1 nicht gleichwertig, vielmehr sind gewisse Kombinationen durch höhere Genauigkeit ausgezeichnet als z.B. eine Triade von direkt benachbarten Inclinometern 11, 12, 13.

Da in der abgebildeten Konfiguration insgesamt 35 voneinander unabhängige Inclinometer-Triaden angegeben werden können, kann die Beobachtung der genannten Dreh- oder Kipp-Bewegung, mithin auch die Vermessung der Relativlage eines Körpers bezüglich zweier horizontal liegender Referenzrichtungen, sich auf 35 Einzelmessungen beziehen. Im Idealfalle würden alle Einzelmessungen ein gleiches Ergebnis liefern. Die einzelnen Konfigurationen arbeiten jedoch, wie bereits dargestellt, mit unterschiedlicher Genauigkeit. Die Einzelmessungen werden daher bevorzugt so zu einem Gesamtwert zusammengefaßt, daß die genauer arbeitenden Inclinometertriaden mit einem höheren Gewicht bei einer durchzuführenden Mittelwertbildung versehen werden. Solche genauer funktionierende Inclinometertriaden sind also solche, deren Abstände nicht kleiner als 2 Positionen sind. Am wenigsten genau messen diejenigen Inclinometertriaden, welche direkt beabstandet sind und keine Zwischenräume aufweisen.

Zur Erzielung eines möglichst guten Meßergebnisses sollte in der gezeigten Anordnung das Verhältnis der Höhe h zum Radius r eines zugrundegelegten Pyramidenkörpers etwa einen Wert von 0,2 bis 1,2 aufweisen. Ein bevorzugter Wert liegt bei 0,55. - Bei einem ca. zweifachen Materialeinsatz im Vergleich zu einer herkömmlichen zweidimensionalen Inclinometeranordnung kann also gemäß der Erfindung ein mehrfaches, z.B. ca. 3-4 fach genaueres Ergebnis erhalten werden usw. Hierin besteht der Sinn und der wesentliche Vorteil der Erfindung. Ein zusätzlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, daß Meßgeräte der gattungsgemäßen Art, wie sie zum Vermessen von Rollen in Papier- und Walzwerken verwendet werden, ohnehin von eher langgestreckter Gestalt sind und daher Platz für relativ viele einzelne Inclinometersysteme bieten.

In einer bevorzugten, nicht gezeigten Ausgestaltung der Erfindung liegen z.B. acht Einzelinclinometer auf den Flächen eines regelmäßigen Oktaeders. Bei einer solchen Anordnung sind die Richtungsunterschiede zwischen den einzelnen Kreisen im Mittel größer als in der in Fig. 1 gezeigten Anordnung. Darüberhinaus gibt es keine unterschiedlich zu bewertenden Kombinationen, so daß eine solche Anordnung noch effizienter arbeitet, d.h. bei wenig gesteigertem Materialaufwand ein weiter verbessertes Meßergebnis liefert; usw.

In der Schemazeichnung gemäß Fig. 2 wird dargestellt, wie ein erfindungsgemäßes Gesamtsystem sich zusammensetzt aus einem Gehäuse 100, einzeln in diesem Gehäuse angeordneten Inclinometern 11 bis inkl. 17, einem Rechner 50 zur Abfrage der von den Inclinometern abgegebenen Signale und zur Ermittlung eines Ergebnisses in Form eines Orientierungswertes. Dieses Ergebnis kann auf einem Sichtschirm 70 dargestellt werden. Die Bedienung des Gesamtsystems erfolgt bevorzugt mittels einer Tastatur 60, wiewohl andere Eingabemittel (Maus, Trackball, Stift, Sprache usw.) vorgesehen werden können. Das Gesamtsystem wird bevorzugt von einer Batterie oder Akkumulator 80 bestromt, bei Bedarf kann auch ein Netzanschluß vorgesehen sein.

Die vorgeschlagene Anordnung kann wie beschrieben für sich alleine betrieben werden. Sie wird jedoch mit besonderem Vorteil im Zusammenspiel mit einer ähnlich arbeitenden Kombination von Gyroskopen, speziell MEMS-Gyroskopen incl. thermodynamisch arbeitenden Gyroskopen verwendet. Mit einer solchen Gyroskop-Kombination ist es bekanntlich möglich, nicht nur die Inclinationswerte Pitch und Roll zu vermessen, sondern darüberhinaus den Azimutalwert "Yaw" zu erfassen. Allerdings sind die genannten Inclinations- und Azimutalwerte mit störenden Driftfehlern behaftet. Das gemäß der vorliegenden Erfindung vorgestellte Inclinometer-Gerät arbeitet jedoch statisch, seine Drift über die Zeit ist wesentlich kleiner als bei einer Gyroskop. Wenn, wie bei der Vermessung von Walzen oder anderen rotierbaren Zylindern, eine Kombination von Inclinometern und Gyroskopen nach gewissen Zeiten fixiert werden kann (also, bis auf die Erdbeschleunigung, keine sonstige Beschleunigung erfährt), können die zwei Komponenten Roll und Pitch der Gyroskop-Werte durch die jeweiligen Komponenten der Inclinometer-Werte korrigiert, also

"gestützt" werden. Auf diese Weise kann zusätzlich eine Abschätzung erfolgen, inwieweit der von den Gyroskopen bereitgestellte Yaw-Wert auf einen vermuteten Bestwert zurückgeführt werden kann. Zu diesem Zwecke wird der vermutete Bestwert anhand eines vordefinierten oder adaptierbaren Algorithmus errechnet. Damit wird also eine signifikante Verbesserung der genannten Gyroskop-Anordnung erreicht, so daß es mit genaueren Instrumenten der genannten Art möglich wird, auch die Drehbewegung der Erde zu erfassen und ggf. elektronisch zu kompensieren.

Patentansprüche:

1.

Meßgerät zur Bestimmung der räumlichen Orientierung eines Körpers relativ zu zwei in einer insbesondere horizontalen Ebene liegenden Bezugsrichtungen, mit einem Gehäuse zum Anlegen an eine Oberfläche oder an eine Kante eines zu vermessenden Körpers und mit einer Mehrzahl von Inclinometersystemen zur Ermittlung von stabilen Raumlagen oder von Kipp- oder Drehbewegungen relativ zu einer jeweils diesen zugeordnete Symmetrieachse, wobei zumindest drei und bevorzugt vier oder mehr Einzelinclinometer innerhalb des Gehäuses vorhanden sind, deren jeweilige Wirkrichtung zur Erfassung eines Anteils der Erdbeschleunigung nach unterschiedlichen Richtungen des Raumes orientiert sind, und wobei eine jede der Kombinationen aus jeweils drei zu einer Inclinometertriade zusammengefaßten, ein Inclinometersystem bildenden Einzelinclinometern ein jeweils erstes Meßergebnis liefern, welches die räumliche winkelmäßige Orientierung des Meßgerätes oder eines mit diesem kontaktierten Körpers nach den Richtungskkoordinaten Roll und Pitch ausweist, so daß zumindest ein Messergebnis ~~ist~~ oder, bevorzugt, mehrere erste Meßergebnisse bereitstellbar sind; so daß gegebenenfalls aus dem einzigen oder der Mehrzahl der/des ersten Meßergebnisse(s) ein Gesamt-Meßergebnis ermittelbar ist, welches eine genauere winkelmäßige Orientierung des Meßgerätes oder eines mit diesem kontaktierten Körpers hinsichtlich der genannten Richtungskordinaten Roll und Pitch ausweist.

2.

Meßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen Raumrichtungen sich auf einen Symmetriepunkt beziehen und im wesentlichen den Richtungen von Flächennormalen eines regulären Polyeders in Form eines Tetraeders oder eines Oktaeders entsprechen.

3.

Meßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen Raumrichtungen sich auf eine Symmetrielinie beziehen und im wesentlichen den Richtungen

entsprechen, die durch die Normalen von Seitenflächen einer mindestens 4-seitigen Pyramide definiert sind.

4.

Meßgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß acht einzelne Inclinometer vorhanden sind, deren maßgebliche Symmetrieachsen parallel zu den Flächennormalen eines regulären Oktaeders ausgerichtet sind.

5.

Meßgerät nach einem der vorstehenden Ansprüche, zur Verwendung im Zusammenspiel mit einem Gyroskop-basierten Richtungsmeßgeräte und zur sog. Stützung der von diesem erfaßten Meßwerte bezüglich einer Roll-Koordinate und einer Pitch-Koordinate.

6.

Meßgerät nach Anspruch 5, bei welchem die Gyroskop-basierte Richtungsmessung hinsichtlich einer azimuthalen (Yaw) Drehbewegung anhand der Inclinometer-basierten Richtungsmessung auf einen vermuteten Bestwert abgeglichen wird, wobei der vermutete Bestwert anhand eines vordefinierten oder adaptierbaren Algorithmus errechnet wird.

Zusammenfassung:

Die Bestimmung der räumlichen Orientierung eines Körpers relativ zu zwei horizontal liegenden Bezugsrichtungen wird mit erhöhter Genauigkeit dadurch ausgeführt, daß ein inclinometerbasiertes Elevationsmeßgerät verwendet wird, welches mindestens drei und bevorzugt acht Einzelinclinometer aufweist. Die Einzelinclinometer sind so positioniert, daß sie auf Drehbewegungen in unterschiedliche Richtungen des Raumes reagieren. Es werden in einem ersten Schritt alle Orientierungs-Meßwerte ermittelt, die von jeweils drei zu einer sog. Triade zusammengefaßten Inclinometern bereitgestellt werden. In einem zweiten Schritt werden diese Meßwerte in bewerteter oder unbewerteter Form zu einem Gesamt-Meßwert von höherer Präzision zusammengefaßt.

BEST AVAILABLE COPY

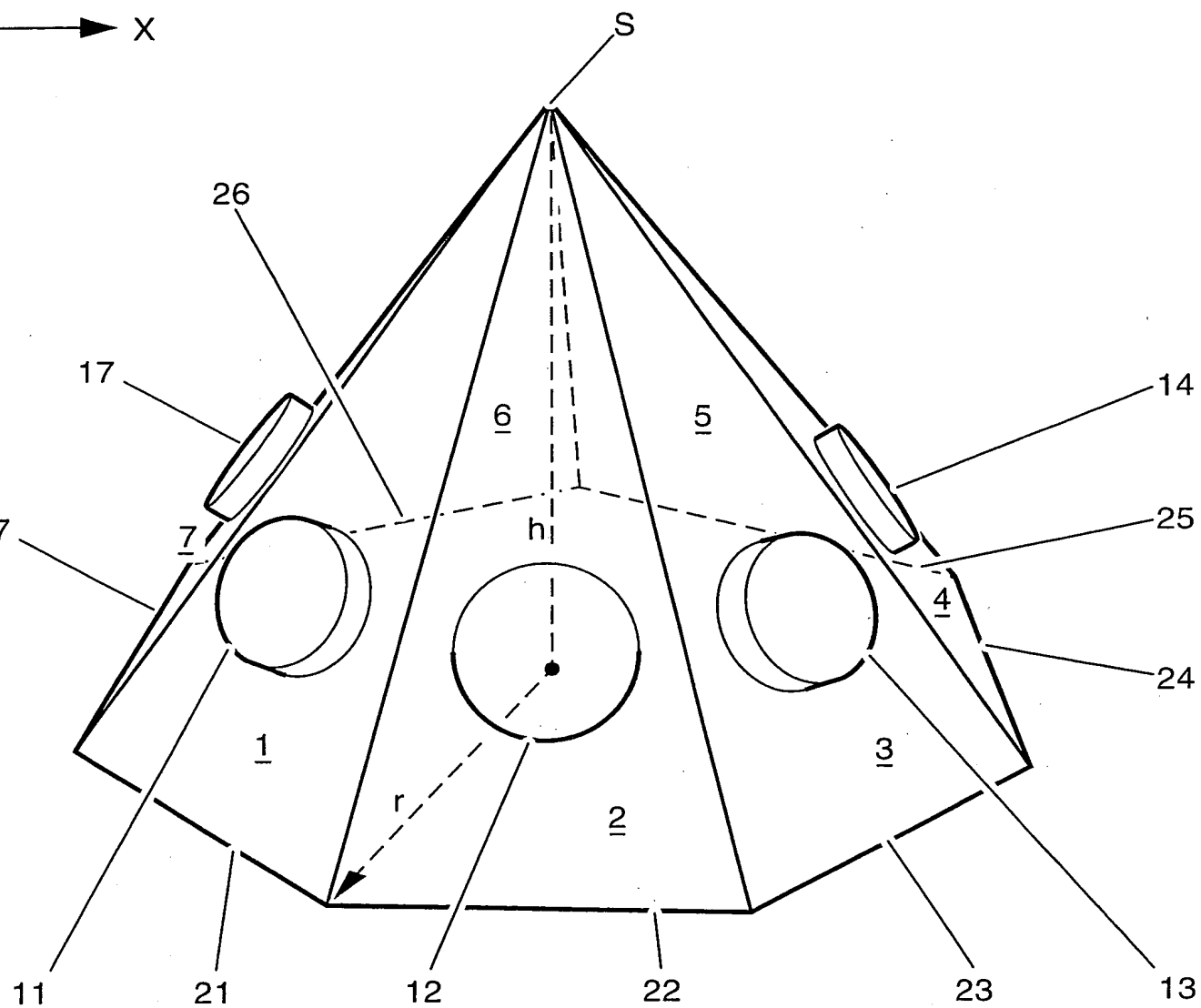


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

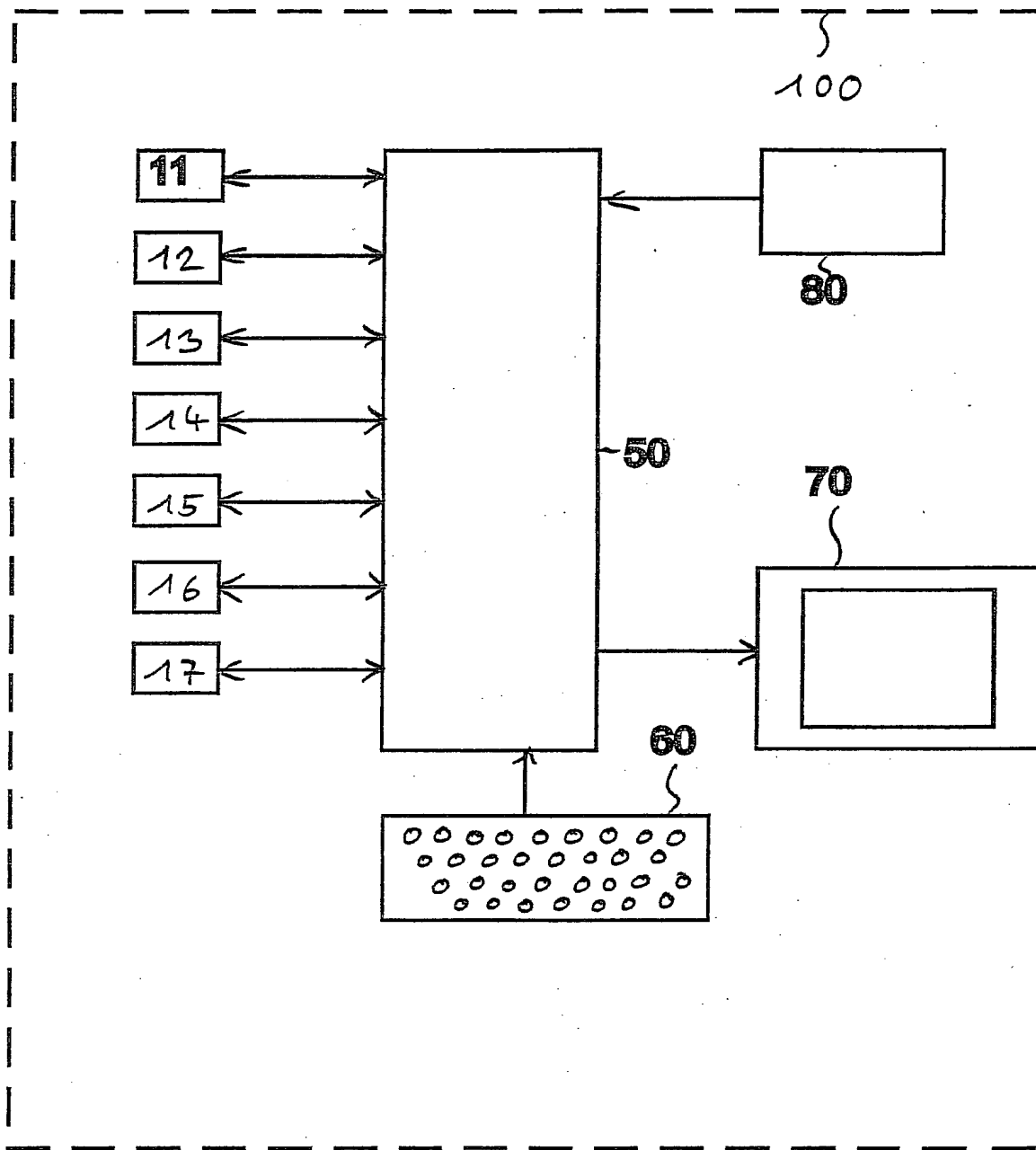


FIG. 2

BEST AVAILABLE COPY

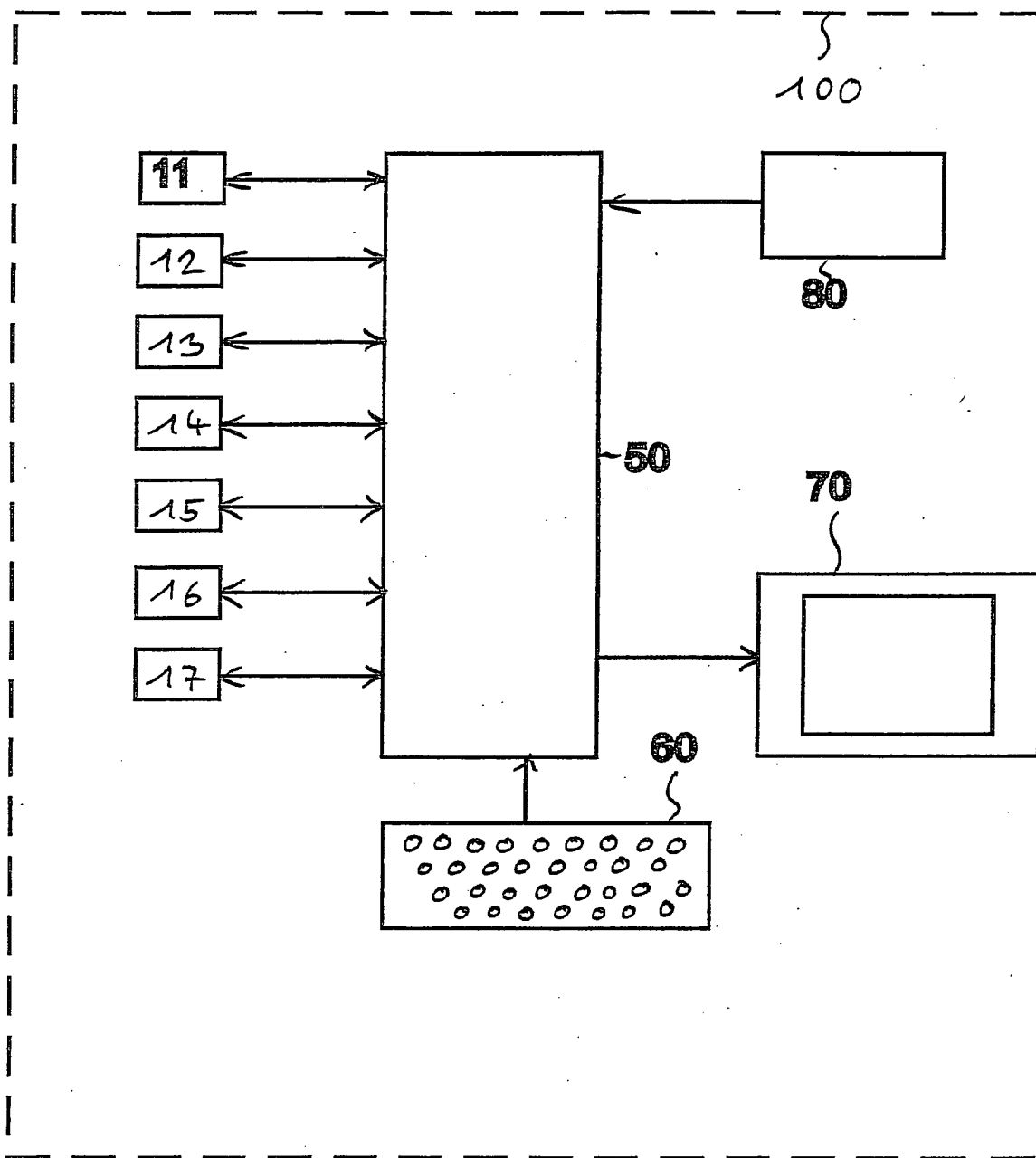


FIG. 2